

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV METROLOGIE A ZKUŠEBNICTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF METROLOGY AND QUALITY ASSURANCE TESTING

OPTIMALIZACE PROCESU MONTÁŽE

ASSEMBLY PROCESS OPTIMIZATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

BC. IVAN DUDAREV

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. ALOIS FIALA, CSc.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav metrologie a zkušebnictví

Akademický rok: 2008/09

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Dudarev Ivan, Bc.

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Metrologie a řízení jakosti (3911T032)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Optimalizace procesu montáže

v anglickém jazyce:

Assembly process optimization

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Definování cílů práce.
2. Analýza problému a literární rešerše.
3. Návrh řešení.
4. Ověření návrhu.
5. Diskuse výsledků.
6. Závěry a doporučení.

Cíle diplomové práce:

Zmapování procesů v určené oblasti
Systémová analýza požadavků
Vytvoření matematického modelu
Vytvoření kritériální rovnice
Ověření modelu

Seznam odborné literatury:

Basl, J., Tůma, M., Glasl, v.: Modelování a optimalizace podnikových procesů. ZČU v Plzni, Plzeň, 2002

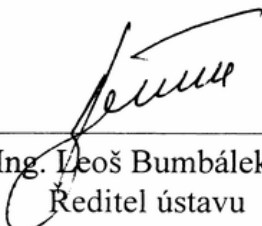
Fiala, A.: Automatizované systémy řízení slévárenských procesů

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Alois Fiala, CSc.

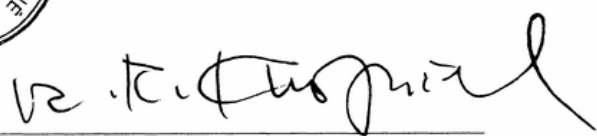
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2008/09.

V Brně, dne 20.11.2008





doc. Ing. Leoš Bumbálek, Ph.D.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá optimalizací procesu montáže s použitím řešení úlohy o optimálním kombinování součástí stroje pro splnění požadavků zákazníků. Cílem při řešení této úlohy je vytvoření aplikace na využití vědeckých metod výzkumu a metod systémové analýza. Návrh řešení je určen pro podmínky společnosti TOS KUŘIM - OS, a.s.

Základem práce je metoda systémové analýzy jako základní způsob pro efektivní řešení a zlepšování výrobních aktivit, procesů a systému.

Klíčová slova

Systémová analýza, frézování, frézovací stroj, optimalizace, programování

ANNOTATION

This diploma thesis deals with the optimization of the assembly process using the problem solving of optimal combination of parts of the machine tool to meet customer requirements. The aim to solve this task is creation applications for using scientific methods of research and methods of system analysis. The proposed solution is designed for the conditions of TOS KUŘIM - OS, a.s.

The basis of the research is the method of system analysis as a basic method for effective solutions to improve the production activities, processes and systems.

Key words

Systems analysis, milling operation, milling machine, optimization, programming

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DUDAREV, I. Optimalizace procesu montáže. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. 52 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Alois Fiala, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na tému «Optimalizace procesu montáže» vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

.....

Ivan Dudarev

Poděkování

Děkuji tímto doc. Ing. Aloisu Fialovi, CSc., Ing. Jaroslavu Kolaříkovi, Bc. Martinu Polednovi za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce.

OBSAH

Abstrakt	4
Prohlášení	5
Poděkování	6
Obsah	7
Úvod	9
1 FRÉZOVÁNÍ	10
1.1 Frézovací nástroje	11
1.2 Frézovací stroje	13
2 SPOLEČNOST TOS KUŘIM OS, a.s.	15
2.1 Profil společnosti	15
2.2 Výrobní program	16
3 CHARAKTERISTIKA STROJE	19
3.1 Popis stroje	20
3.2 Stůl	20
3.3 Stojany	20
3.4 Příčnick	20
3.5 Příčně sáně	20
3.6 Vřeteník	21
4 NÁVRH ŘEŠENÍ	21
4.1 Optimalizace procesu montáže	24
4.2 Grafický systémový model	27
4.3. Vřetenové hlavy	28
4.3.1 Nevýměnné vřetenové hlavy	28
4.3.2 Výměnné vřetenové hlavy	28
4.3.3 Vřeteno	30
4.3.4 Pohony lineárních os	30
4.3.5 Odměřování	31
4.3.6 Výměna nástrojů	31
4.3.7 Výměna vřetenových hlav	31
4.4 Vytvoření kritériální rovnice	32
4.5 Makro úroveň mapování procesu zpracování programu	34

4.6 Mapování algoritmu	35
4.7 Text programu	40
5 PŘÍRUČKA K POUŽÍVÁNÍ PROGRAMU «TOS.KM v0.9»	46
6 ANALÝZA VÝSLEDKŮ	47
7 ZÁVĚR	48
7.1 Seznam použitých zdrojů	49
Příloha A - Vertikální obráběcí centrum FMVQ 36	51
Příloha B - Frézka (obráběcí centrum) s posuvním portálem FRF(Q) 200/250/300/350/400	51
Příloha C – Obráběcí centrum se dvěma posuvnými stojany FFDQ	52

ÚVOD

V současné době, vzhledem k silné hospodářské soutěži, existuje hodně faktorů, které ovlivňují výběr dodavatele. V tržní ekonomice je proto důležité vzít v úvahu všechny aspekty dané problematiky. Počínaje kvalitnou prodávaného výrobku, jeho cenou až po záruční servis. Tyto aspekty zahrnují také otázky týkající se možnosti změny parametřů dodáváného výrobku, možnosti řešení problémů na základě požadavků konkrétního zákazníka. Jednou z hlavních myšlenek je provádět systematickou analýzu vyráběného zařízení pro těžký průmysl, a to na základě vědeckého přístupu.

Systémová analýza je soubor pojmů, metod, postupů a technologií pro studium, popis a realizaci různých jevů a procesů v přírodě a má povahu interdisciplinárního problému.

Cílem této práce je návrh opatření pro optimalizaci procesu montáže a vytvoření aplikačního softwaru ke zlepšení procesu z ekonomického hlediska.

Úkoly potřebné k dosažení tohoto cíle:

- Vytvoření mapy procesu v této oblasti;
- Systémová analýza potřeb a požadavků zákazníka;
- Vytvoření kritériální rovnice;
- Vytvoření softwarové aplikace v prostředí Delphi.

Objektem této práce je strojírenský podnik TOS KUŘIM - OS, a.s., výrobce přesných kovoobráběcích strojů. Předmětem výzkumu je optimalizace procesu montáže zařízení a vytvoření aplikace na základě programovacího jazyka PASCAL (Delphi).

Práce je založená na využití vědeckých metod výzkumu a metod systémové analýzy.

V průběhu psaní této práce byly využity učebnice a články z časopisů. Hlavním zdrojem informací je dokumentační soubory podniku.

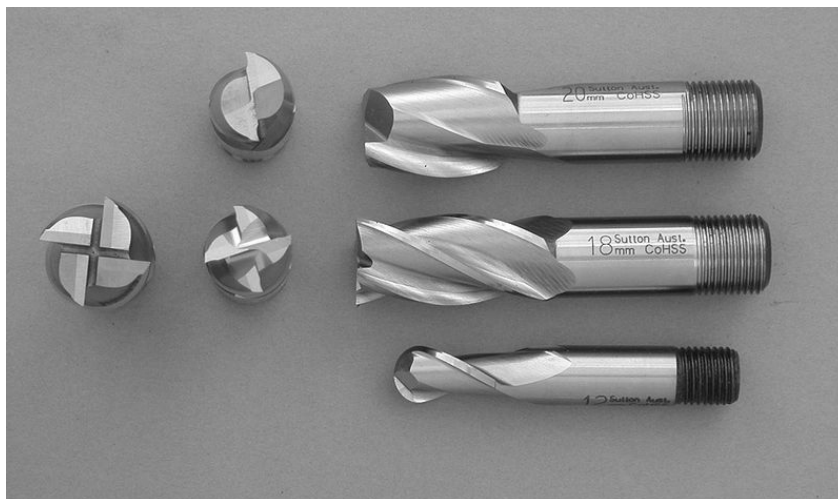
1 FRÉZOVÁNÍ

Frézování je strojní třískové obrábění kovů vícebřítým nástrojem, kde hlavní pohyb (rotační) koná nástroj a vedlejší pohyb (přisuv, posuv) obrobek. Klasicky probíhá ve třech osách, ve více než třech osách pracují více-osá obráběcí centra. Frézovací stroj se nazývá frézka, frézovací nástroj - fréza. Frézování se dělí na sousledné, kdy se nástroj otáčí ve směru pohybu stolu s obrobkem a nesousledné kdy je tomu opačně. Frézování je mladší způsob obrábění než soustružení.

První použitelné stroje pro frézování byly postaveny koncem 19. století. V současné době představují frézky velmi výkonné stroje a po soustruzích jsou ve strojírenském průmyslu nejrozšířenějšími obráběcími stroji.

Frézovací proces probíhá přerušovaně, kdy jednotlivé zuby nástroje odřezávají krátké třísky proměnlivé tloušťky. Podle použité frézy se rozlišuje frézování válcové (frézování obvodem válcové frézy) a frézování čelní (frézování čelem čelní frézy).

Fréza je vícebřítý obráběcí nástroj používaný k frézování, třískovému obrábění kovů i jiných materiálů. Obráběcí stroj, který ho používá, nazýváme frézka.



Obrázek 1. Frézy stopkové s válcovou stopkou

1.1 Frézovací nástroje

Pro frézování jako obráběcí metodu se využívá mnoho druhů frézovacích nástrojů. Frézy se v závislosti na jejich technologickém uplatnění třídí do jednotlivých skupin z různých hledisek:

a) Podle umístění zubů na tělese nástroje se rozlišují frézy válcové (mají zuby na válcové ploše), čelní (mají zuby na čelní ploše), válcové čelní (mají zuby na čelní i válcové ploše);

b) Podle nástrojového materiálu zubů se rozlišují frézy z rychlořezné oceli, slinutých karbidů, cermetů, řezné keramiky;

c) Podle provedení zubů se rozlišují frézy se zuby frézovanými nebo podsoustruženými. U frézovaných zubů tvoří čelo i hřbet rovinné plochy, úzká fazetka o šířce 0,5 až 2 mm na hřbetě zpevňuje břit a ostření se provádí na hřbetě. Podsoustružené zuby mají hřbetní plochu vytvořenou jako část Archimedovy spirály, čelo zubu je tvořeno rovinnou plochou a ostření se provádí na čele. Předností podsoustružených zubů je, že při ostření na čele se jejich profil mění jen nepatrně, takže se využívají především pro tvarové frézy;

d) Podle směru zubů vzhledem k ose rotace frézy se rozlišují frézy se zuby přímými a zuby ve šroubovici, pravé nebo levé. Zuby ve šroubovici vnikají do záběru postupně, takže řezný proces je plynulý a klidnější. Sklon šroubovice je 10° až 45° a někdy i více;

e) Podle počtu zubů vzhledem k průměru frézy se rozlišují frézy jemnozubé, polohrubozubé a hrubozubé. Pro klidný chod frézy má být počet zubů takový, aby současně řezaly nejméně dva zuby;

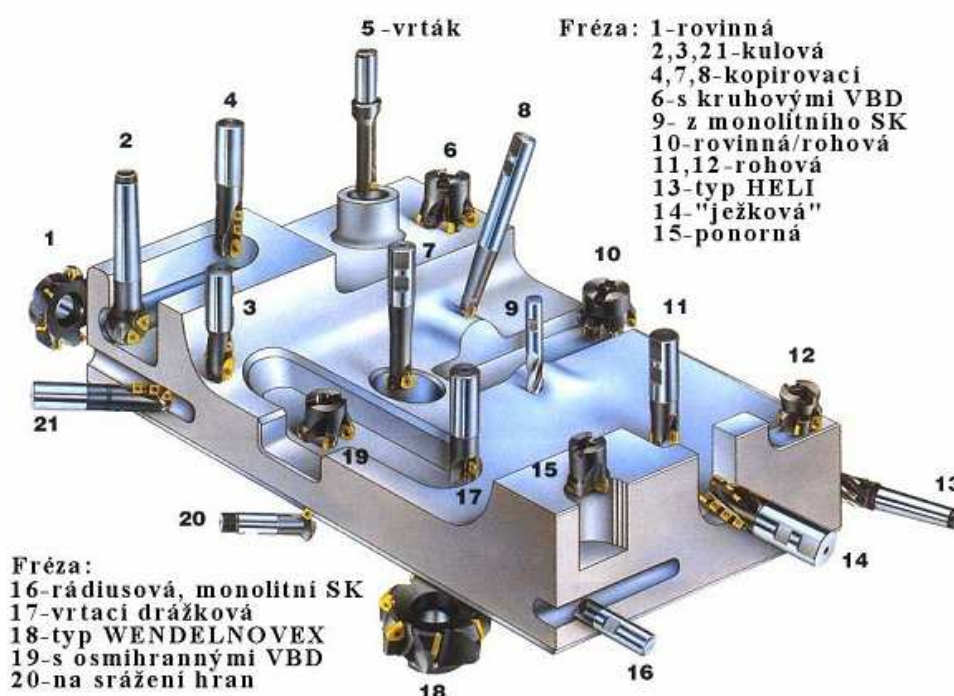
f) Podle konstrukčního uspořádání se rozlišují frézy celistvé (těleso i zuby jsou z jednoho materiálu), s vloženými noži a frézy s vyměnitelnými břitovými destičkami, mechanicky upevněnými k tělesu frézy;

g) Podle geometrického tvaru funkční části se rozlišují frézy válcové, kotoučové, úhlové, drážkovací, kopírovací, rádiusové, na výrobu ozubení, atd;

h) Podle způsobu upnutí jsou frézy nástrčné (upínají se na centrální otvor) a stopkové (upínají se za válcovou nebo kuželovou stopku);

i) Podle směru otáčení při pohledu od vřetena stroje se frézy dělí na pravořezné a levořezné.

Vzory fréz jsou uvedeny na obrázku 2.



Obrázek 2. Vzory fréz

Válcové frézování se převážně uplatňuje při práci s válcovými a tvarovými frézami. Zuby frézy jsou vytvořeny pouze po obvodu nástroje a hloubka odebírané vrstvy se nastavuje kolmo na osu frézy a směr posuvového pohybu. V závislosti na kinematice frézovacího procesu se rozlišuje frézování nesousledné (protisměrné) a frézování sousledné (sousměrné). Při nesousledném frézování je smysl rotace nástroje proti směru posuvu obrobku, obrobená plocha vzniká při vnikání nástroje do obrobku a tloušťka třísky se postupně mění z nulové hodnoty na hodnotu maximální. Při sousledném frézování je smysl rotace nástroje ve směru

posuvu obrobku, obrobená plocha se vytváří když zub frézy vychází ze záběru a tloušťka třísky se postupně mění z maximální hodnoty na hodnotu nulovou.

Čelní frézování se uplatňuje při práci čelními frézami, u kterých jsou břity vytvořeny na obvodu i čele nástroje a hloubka odebírané vrstvy se nastavuje ve směru osy nástroje. V závislosti na poloze osy frézy vzhledem k frézované ploše se rozlišuje symetrické a nesymetrické frézování.

1.2 Frézovací stroje

Frézovací stroje - frézky jsou vyráběny a dodávány v rozmanitém sortimentu a s rozsáhlým zvláštním příslušenstvím. Podle konstrukčně-technologické koncepce se frézky člení do čtyř základních skupin - konzolové, stolové, rovinné a speciální.

Konzolové frézky jsou charakteristické výškově přestavitelnou konzolou, po které se pohybují příčné sáně s podélným pracovním stolem. Tato kombinace pohybů umožňuje přestavování obrobku, upnutého na pracovním stole, ve třech pravoúhlých souřadnicích vzhledem k nástroji.

Konzolové frézky se vyrábí jako:

- svislé (svislá osa vřetena);
- vodorovné vodorovná osa vřetena);
- univerzální (vodorovná osa vřetena a otočný podélný pracovní stůl rozsah natáčení ve vodorovné rovině: $\pm 45^\circ$).

Konzolové frézky mohou být vybaveny rozsáhlým zvláštním příslušenstvím, jako jsou univerzální frézovací a vrtací hlavy, otočné stoly, dělicí přístroje apod.

Stolové frézky mají svisle přestavitelný vřeteník a pracovní podélný stůl uložený na příčných saních. Vyrábějí se v provedení:

- svislém (svislá osa vřetena);
- vodorovném (vodorovná osa vřetena).

Rovinné frézky mají pracovní stůl s jedním stupněm volnosti. Jsou robustní konstrukce a obrábějí se na nich obrobky vyšších hmotností.

Speciální frézky jsou používány pro speciálně zaměřené frézovací procesy, jako frézování ozubení ozubených kol, frézování závitů, apod.

Jako ve všech odvětvích tak i v oblasti třískového obrábění neustále dochází k inovacím a to jak z hlediska hardware (stroje a nástroje) tak v oblasti software (CAM systémy) a pro zvyšování produktivity a tím schopnosti konkurovat je zapotřebí tento vývoj sledovat. Jednou z největších inovací v poslední době je tzv. Adaptivní obrábění. Jedná se o výpočet dráhy takovým způsobem, aby bylo dosaženo maximálně možného zatížení nástroje a přitom, aby nástroj nebyl nikdy přetížen. Tato dráha je vypočítána speciálním výpočtem, který již není možné dosáhnout běžným způsobem. Navíc tato technologie nabízí i použití "Redukce kroku", čímž je optimalizována výsledná drsnost povrchu. Adaptivní obrábění zajišťuje odebrání co nejvíce materiálu v co nejkratším čase při zajištění maximální bezpečnosti obráběcího procesu a to vše s optimalizací drsnosti výsledného povrchu připraveného pro dokončovací způsoby obrábění. Bude zajímavé, co přinese budoucnost, ale tato změna zůstává na dlouho dobu nevýznamnějším přínosem pro zvýšení produktivity a bezpečnosti třískového obrábění, konkrétně frézování.

Frézka je obráběcí stroj určený k obrábění, které se nazývá frézování. Pomocí frézky se obrábí rovinné, tvarové a při použití zvláštního příslušenství i rotační plochy a závity. Hlavním rotačním nástrojem, který používá frézka je fréza, jedná se obvykle o nástroj rotačně souměrného tvaru s více břity. Obráběná součást (hmotné těleso) se nazývá obrobek, ten pak obvykle nevykonává žádný rotační pohyb (za účelem ubírání třísky, z hlediska další osy přísuvu ano). Jeho pohyb bývá nerotační a bývá prováděn prostřednictvím mechanického posuvu, který může být prováděn i ručně nebo strojně. Strojní pohyb resp. posuv obrobku pak může probíhat hned v několika rovinách současně. Strojní posuv může být předem programován a může být řízen počítačem.

Jedním z výrobců takových strojů je společnost TOS-Kuřim.

2. SPOLEČNOST TOS KUŘIM OS, a.s.

Česká republika je známá svou tradicí v rozvinuté průmyslové výrobě. Jedno z důležitých míst v českém strojírenském průmyslu zaujímá již od okamžiku svého založení TOS KUŘIM - OS, a.s., výrobce přesných obráběcích strojů.

TOS KUŘIM - OS, a.s. leží 15 kilometrů na severozápad od města Brna. Společnost patří k nejstarším výrobcům frézek, jednoúčelových strojů a automatických obráběcích linek v České republice. Závod byl založen v roce 1942 jako pobočný závod Zbrojovky Brno. Během šedesátileté výroby obráběcích strojů získali zaměstnanci společnosti zkušenosti z výzkumu, vývoje, konstrukce, výroby a provozu více než 83 000 obráběcích strojů, 60 automatických obráběcích linek a 3 500 jednoúčelových strojů.

2.1 Profil společnosti

TOS Kuřim byl od svého založení průkopníkem v zavádění nových technologií do praxe a obchodní značka firmy se stala symbolem spolehlivých a přesných obráběcích strojů s dlouhodobou životností. Na začátku sedmdesátých let byl např. uveden do provozu integrovaný výrobní úsek pro komplexní obrábění skříňových součástí jako předchůdce současných pružných výrobních systémů, vyráběných ve známých společnostech jako např. Comau, Bernardi, Renault-Automation, Krause, Ex-Cell-O aj.

Velký rozvoj sortimentu i objemu kulminoval na konci osmdesátých let. Společnost měla v té době tři pobočné výrobní závody, svou vlastní slévárnu přesných odlitků a jako jediný výrobce v bývalé Československé republice vyráběla kuličkové šrouby. Nosný sortiment sestával z obráběcích center, nástrojových, konzolových a ložových frézek, jednoúčelových strojů a automatických obráběcích linek.

V roce 1996 prošla firma transformací. Stala se zcela privátní firmou, jejím stoprocentním vlastníkem byla společnost FOBS LEASING, s.r.o. Od srpna 1996 nesl nástupce tradice ve výrobě přesných obráběcích strojů v Kuřimi jméno TOS KUŘIM - OS, s.r.o.; na základě licenčních dohod převzal know-how, registrovanou ochrannou známku a logo společnosti a především kompletní tým odborníků.

V souladu se zápisem do obchodního rejstříku ze dne 7.12.2000 a s účinností od 1.1.2001 vznikla akciová společnost TOS KUŘIM - OS, a.s. Tato společnost přebírá veškerá práva, povinnosti a závazky společnosti TOS KUŘIM - OS, s.r.o.

Majoritním vlastníkem TOS KUŘIM - OS, a.s. se od 26.7.2005 stala česká obchodní společnost ALTA, a.s. se sídlem v Brně, jejíž významnou obchodní komoditou jsou obráběcí stroje.

Výrobní strategie firmy je založena na nepřetržité inovaci a širokém sortimentu obráběcích strojů včetně příslušenství. Firma spolupracuje se světoznámými výrobci uzlů a vybavuje stroje nejnovější generací řídicích systémů a pohonů, dodávaných společnostmi Siemens, Heidenhain, Indramat, Fanuc a Selca a nejkvalitnějšími hydraulickými, pneumatickými a kontrolními prvky. Technická úroveň dodávaných strojů a rozsah sortimentu výroby staví společnost TOS KUŘIM - OS, a.s. k nejvýznamnějším výrobcům v Evropě

Strategickým záměrem je:

- nabízet zákazníkům nejvhodnější řešení s cílem dosahovat max. rentability a vysoké jakosti;
- uspokojovat nejnáročnější požadavky zákazníka a rozvíjet prosperující firmu ve všech oblastech motivovanou.

2.2 Výrobní program

Univerzální stroje

Výrobní program v oboru univerzálních strojů tvoří velké frézky a obráběcí centra pro nerotační součásti vybavené řetězovým zásobníkem pro automatickou výměnu nástrojů (včetně příslušenství). Tyto stroje umožňují obrábění těžkých, rozměrově a tvarově velmi složitých obrobků až z pěti stran s použitím souvislého řízení v pěti osách.

Jedna se o:

- lůžové frézky a obráběcí centra FS (Q);
- frézky a obráběcí centra s posuvným stojanem FF (Q);

- rovinné frézky a obráběcí centra s posuvným portálem FRF (Q);
- frézky a obráběcí centra s posuvným stojanem po samostatném loži FU (Q1%);
- horizontální frézky a obráběcí centra s pevným rámem FO (Q).

Lóžové frézky FS a obráběcí centra FSQ jsou vyráběny také v paletovém provedení, jež je vhodné pro použití v pružných výrobních systémech řízených centrálním počítačem.

Všechny typy výše uvedených strojů jsou vybaveny standardně řídicími systémy firem Siemens nebo Heidenhain a mohou být osazeny různými typy vřetenových hlav včetně automaticky výměnných (konstrukce TOS KUŘÍM - OS, as.). Stroje jsou schopny provádět široký rozsah operací na obrobcích nejrozličnějších typů. Výše uvedené univerzální obráběcí stroje jsou vyváženy do všech průmyslově vyspělých zemí světa a jsou průběžně inovovány.

Univerzální stroje jsou nabízeny v následujících provedeních:

Univerzální stroj bez technologie

- standardní nabídka strojů včetně příslušenství;

Univerzální stroj se seřízenou technologií

- stroj je seřízen na obrobek konkrétní součástky, tj. vypracování technologií obrábění včetně časové studie a specifikace nástrojového vybavení;

Univerzální stroj v nestandardním provedení

- speciální stroj, upraven dle požadavku zákazníka (např. nestandardní technické parametry. DUO, atd.).

Příklady obrobků součástí na univerzálních strojích: lisovací nástroje, ramena ry-padel, formy pro automobilový, gumárenský, keramický, sklářský a elektrotechnický průmysl, obrábění titanových součástí pro letecký průmysl atd.

Společnost TOS-Kuřim vyrábí následující frézovací stroje:

1. Frézka rovinná (obráběcí centrum rovinné) s pevným portálem a přestavitelným příčnickem FRP (Q) 200/250/300/400;

2. Frézka (obráběcí centrum) s posuvným stojanem a výměnnými hlavami FF 100A/125A;
3. Obráběcí centrum s posuvným stojanem po samostatném loži FUQ-A;
4. Obráběcí centrum s posuvným portálem po samostatných ložích s přesuvným příčnickem FRUQ A;
5. Vertikální obráběcí centrum FMVQ 36;
6. Frézka (obráběcí centrum) s posuvným stojanem po samostatném loži FU (Q);
7. Horizontální frézka (obráběcí centrum) s pevným rámem FO (Q) 80;
8. Frézka (obráběcí centrum ložové) FSG (Q) 80 A – S(M)/ A2;
9. Frézka ložová (obráběcí centrum ložové) FS (Q) 80/100/125;
10. Obráběcí centrum se dvěma posuvnými stojany FFDQ;
11. Frézka (obráběcí centrum) s posuvným portálem FRF(Q) 200/250/300;

V příloze jsou uvedeny jednotlivé obrázky těchto strojů. V dané práci je detailně posuzována frézka s posuvným portálem FRF(Q) 200/250/300, která má možnost výměny vřetenových hlav.

3. CHARAKTERISTIKA STROJE

Frézka (obráběcí centrum) s posuvným portálem FRF (Q) 200/250/300



Obrázek 3. Frézka (obráběcí centrum) s posuvným portálem FRF (Q) 200/250/300

Obráběcí centrum s posuvným portálem je určeno především pro obrábění složitých tvarů při výrobě forem, lisovacích nástrojů, zápustek, nebo tvarově velmi složitých obrobků velkých rozměrů vyžadujících obrábění v tří až v pěti souvisle řízených osách. Pohyby jsou tvořeny ze tří lineárních a až dvou rotačních os. Parametry stroje umožňují obrábět širokou paletu materiálů včetně legovaných ocelí a slitin z lehkých kovů. Stroj má pevný pracovní stůl s neměnnou výškou, což umožňuje snadné upnutí a manipulaci s těžkými a rozměrnými obrobky. Základním znakem stroje je posuvný portál, který umožňuje optimální využití pracovního prostoru stolu s ohledem na minimální požadavky na zastavěnou plochu. Stojany posuvného portálu se pohybují po bocích stolu. Stůl je dodáván běžně v délkách od 4 000 mm do 16 000 mm, modulární řešení (délka modulu je 2000 mm) však umožňuje dodat stroj s maximální délkou stolu až 24 000 mm.

3.1 Popis stroje

Stroj sestává z pevného stolu, po kterém se po stranách pohybují dva pojezdové stojany spojené pevným příčnickem tvořící portál. Po příčniku se pohybují příčné saně, v jejichž přední části je vytvořeno vedení pro posuv vřeteníku. Stroj je osazen buď jedním vertikálním vřeteníkem vybaveným standardní vřetenovou hlavou (nevýměnnou), nebo jedním vertikálním vřeteníkem vybaveným mechanismem pro automatické upnutí výměnných vřetenových hlav. Koncepte stroje s výměnnými hlavami umožňuje přizpůsobit stroj co nejvíce technologickým požadavkům. Výměna vřetenových hlav dovoluje zvolit optimální typ hlavy pro danou operaci.

3.2 Stůl

Stůl je litinový odlitek, jehož horní část tvoří upínací plochu opatřenou T-drážkami, které slouží k upínání obrobků. Svou konstrukcí a systémem kotvení umožňuje upínání složitých, rozměrných a těžkých obrobků. Na obou bočních plochách tělesa stolu připevněny kalené lišty podélného vedení. Pro plné využití upínací plochy stolu lze prodloužit podélný zdvih pomocí nástavců vedení.

3.3 Stojany

Stojany jsou tuhé žebrované odlitky opatřené v horní části plochami pro spojení s pevným příčnickem. Oba stojany jsou ve spodní části opatřeny elementy kombinovaného vedení pro pohyb v podélném směru. Vedení tvoří předeprnuté valivé bloky kombinované s kluznými stavitelnými klíny, které se pohybují po kalených vodicích lištách stolu. K pravému stojanu připevněna plošina pro obsluhu.

3.4 Příčník

Příčník je tuhý odlitek, který pevně spojený se stojany tvoří uzavřený portál. Na přední svislé části jsou vodicí plochy příčného vedení, opatřené nalepenými kalenými pásy (spodní vedení) a kalenými lištami (horní vedení).

3.5 Příčné saně

Příčné saně jsou tvarově složitý odlitek opatřený v zadní části kluznými klíny a valivými bloky kombinovaného vedení, které umožňují pohyb příčných saní po vodicích plochách

příčnicku. V přední svislé části je vedení pro svislý posuv vřeteníku, které je tvořeno předepnutými valivými bloky, kombinovanými s kluznými stavitelnými klíny.

3.6 Vřeteník

Hlavní nosná část vřeteníku je litinový odlitek čtvercového průřezu, opatřený v zadní části kalenými lištami kombinovaného vedení pro svislý pohyb vřeteníku ve vedení příčných sani. V přední části vřeteníku je prostor pro uchycení vřetenové hlavy, v provedení pro výměnné vřetenové hlavy (V) je tu zabudován mechanismus pro polohování a upnutí výměnných vřetenových hlav. Vřeteník v provedení pro výměnné i nevýměnné vřetenové hlavy je vybaven souvisle numericky řízeným náhonem pro natáčení vřetenových hlav kolem osy vřeteníku, s indexovacím mechanismem s dělením po 1° . Náhon otáčení zajišťuje samostatný servomotor, přes uzavřený řetězec ozubených kol s mechanickým vymezením vůle v převodech.

Náhon vřetena je odvozen od servomotoru, který přes řemenový převod a třístupňovou převodovou skříň s automatickým řazením jednotlivých převodových stupňů pohání výstupní hřídel se spojkou pro připojení náhonu vřetena vřetenových hlav. Třístupňová převodová skříň umožňuje optimální využití výkonu motoru v celém rozsahu otáček.

4. NÁVRH ŘEŠENÍ

Cílem práce je optimalizace procesu montáže a zpracování programu pro ekonomickou pomoc při prodávání daného stroje zákazníkovi.

Frézka (obráběcí centrum) s posuvným portálem FRF (Q) 200/250/300 je navržena tak, aby vyhovovala různým požadavkům zákazníka. Výběr stroje a příslušenství záleží na požadavcích zákazníka, na ceně stroje. Existuje několik řešení, jak si zákazník může zvolit podle svých požadavků nejlepší variantu.

Frézka může být vyrobena ve dvou verzích - s výměnnou vřetenovou hlavou a nevýměnnou vřetenovou hlavou. Přednost spočívá v tom, že příslušenství je stejné pro obě dvě verze.

Tabulka 1. Rozměry stolů strojů s nevýměnnou vřetenovou hlavou a jejich ceny pro rok 2009 (EUR).

FRF 200 x A4	484 640
FRF 200 x A6	526 880
FRF 200 x A8	574 360
FRF 200 x A10	615 580
FRF 200 x A12	659 100
FRF 200 x A14	706 350
FRF 200 x A16	750 030
FRF 250 xA4	514 840
FRF 250 xA6	562 910
FRF 250 xA8	605 490
FRF 250 x A10	652 710
FRF 250 x A12	696 470
FRF 250 x A14	741 370
FRF 250 x A16	785 100
FRF 300 x A4	565 660
FRF 300 x A6	611 830
FRF 300 x A8	656 860
FRF 300 x A10	701 830
FRF 300 x A12	745 680
FRF 300 x A14	790 960
FRF300 x A16	834 810

Tabulka 2. Rozměry stolů strojů s výměnnou vřetenovou hlavou a jejich ceny pro rok 2009 (EUR).

FRF 200 V/A4	547 140
FRF 200 V/A6	589 380
FRF 200 V/A8	636 850
FRF 200 V/A 10	678 070
FRF 200 V/A 12	721 580
FRF 200 V/A 14	768 900
FRF 200 V/A 16	812 530
FRF 250 V/A4	577 340
FRF 250 V/A6	625 410
FRF 250 V/A8	667 990
FRF 250 V/A 10	715 210
FRF 250 V/A 12	758 970
FRF 250V/A14	803 870
FRF 250V/A16	847 590
FRF 300 V/A4	628 150
FRF 300 V/A6	674 330

FRF 300 V/A8	719 360
FRF 300 V/A 10	764 330
FRF 300 V/A12	808 180
FRF 300 V/A14	853 460
FRF 300 V/A 16	897 300

Variantní provedení - pro stroje FRF uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3. Příslušenství

standardní vřetenová hlava	O 4000/1250	40 565
standardní vřetenová hlava	K 4000/1000	79 473
výměnná vřetenová hlava	VK/4000	66 022
výměnná vřetenová hlava vert.	VA 1/4000	17 851
výměnná vřetenová hlava vert.	VA 2/4000	21 765
výměnná vřetenová hlava hor.	VP 1/4000	22 261
výměnná vřetenová hlava hor.	VP 2/4000	23 168
výměnná vřetenová hlava	VP 4/4000	30 270
výměnná vřetenová hlava	VO/4000	46 462
výměnná vřetenová hlava	VKE/16000 HSK A63	92 829
zvětšení průchodnosti portálu v ose Z o 150 mm		3 767
zvětšení průchodnosti portálu v ose Z o 250 mm		5 200
Zdvih Z=1250		1 108
Zdvih Z=1500		5 980
max. zatížení stolu 8000 kg m/2 (platí pouze pro provedení 250 a 300)		8 500
upínání nástrojů v provedení dle DIN 69872-B		812
otočný zásobník výměnných hlav		32 030
vysokotlaké středové chlazení nástrojů (tlak/množství/nádrž) 5/50/700 + 20/35/180 (kromě hlavy U)		12 450
vysokotlaké středové chlazení nástrojů (tlak/množství/nádrž) 5/50/700 + 30/35/180 (kromě hlavy U)		16 120
zvětšení nádrže ze 7001 na 15001		1 393
kužel vřetena	HSK	1 540
kužel vřetena	BT 50	222
řetězový zásobník nástrojů R – 40		68 839
řetězový zásobník nástrojů R – 60		79 304
ovládací panel na ruční vkládání nástroje HT8-SIEMENS		3 530
ruční kolečko HR 420		2 060
řídící systém SIEMENS Sinumerik S 840 D		3 640
řídící systém SELCA 4045 PD		7 607
pohony Siemens S 611 D		5 539

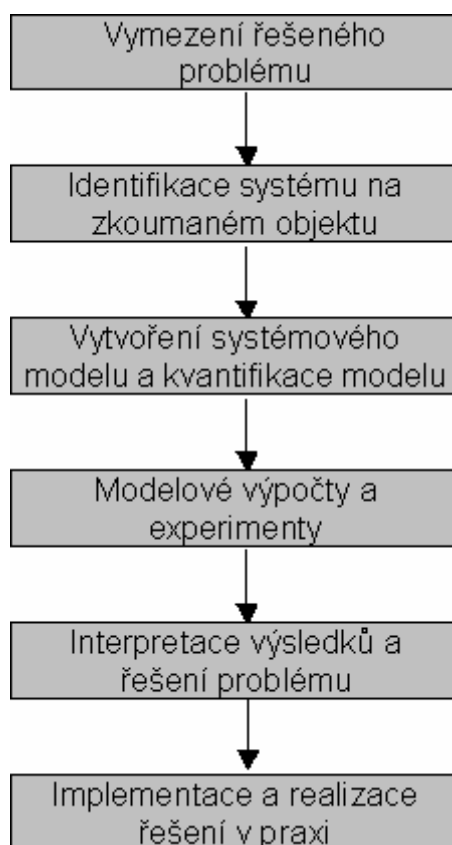
řídící systém Fanuc + pohony Fanuc		9 421
dotykové sondy	Heidenhain TS640 - obrobek, infrapřenos	3 977
	Renishaw MP10 - obrobek, kabel	7 037
	Renishaw RMP60 - obrobek, rádio	7 659
	Heidenhain TT130 - nástroj, kabelem	2 510
	Renishaw NC4 - nástroj, optický přenos	9 717
	M+H PS 20.00 MULTI - obrobek; rádio	5 528
	M+H infrapřenos PS 25.00 HDR - obrobek	4 283
	M+H PS 35.00 TS – nástroj	2 785
vertikální seřizovači přístroj na nástroje	BMD415v	11 995
	BMD445v	12 533
	BMD465v	15 952
dálková diagnostika		4 716
montážní pomůcky		13 120
vázací pomůcky		1 300
bedna niční nářadí		11 610
ohřev médií – hydraulika, chladicí médium		2 620

4.1 Optimalizace procesu montáže

Optimalizace procesu montáže bude probíhat podle osnov teorie systémové analýzy.

Systémová analýza vytváří a aplikuje metody systémového přístupu a systémového modelování k řešení složitých rozhodovacích problémů. Základním postulátem této metodologie je následující předpoklad:

Každý existující systém lze zdokonalit, každý nově projektovaný systém lze zkonstruovat tak, aby uspokojoval požadavky uživatele.



Obrázek 4. Postup systémové analýzy

Klasická tvrdá metodologie systémové analýzy předpokládá systémový popis problému, řešení problému s využitím modelů, volbu řešení a návrh jeho realizace a má následující kroky:

- Vymezení řešeného problému

Postup systémové analýzy umožňuje a vyžaduje redukovat mnohotvárnost reálného objektu na podstatné stránky a vlastnosti z hlediska řešeného problému a týká se i oblasti přijatelných řešení problému;

- Identifikace systému na zkoumaném objektu

Je potřeba najít vhodnou úroveň zjednodušení reálného objektu a při dané rozlišovací úrovni vymezit na objektu systém. Identifikace tohoto systému znamená definovat prvky systému, vazby mezi nimi, vstupy a výstupy, popřípadě kritériální funkci;

- Vytvoření systémového modelu a kvantifikace modelu

Výběr vhodného modelu musí být proveden velmi pečlivě, model musí co nejlépe odpovídat rysům vymezeného systému, případná zjednodušení se nesmí týkat podstatných rysů systému. Důležité jsou též kvantifikace a testování vytvořeného modelu;

- Modelové výpočty a experimenty

V této fázi jsou získávány údaje pro řešení daného problému. V této fázi je možno měnit podmínky modelovaného jevu a jednotlivých parametrů modelu a zkoumat dopady různých rozhodnutí a změn v systému, a tak získat množství kvantitativních informací pro další práci;

- Interpretace výsledků a řešení problému

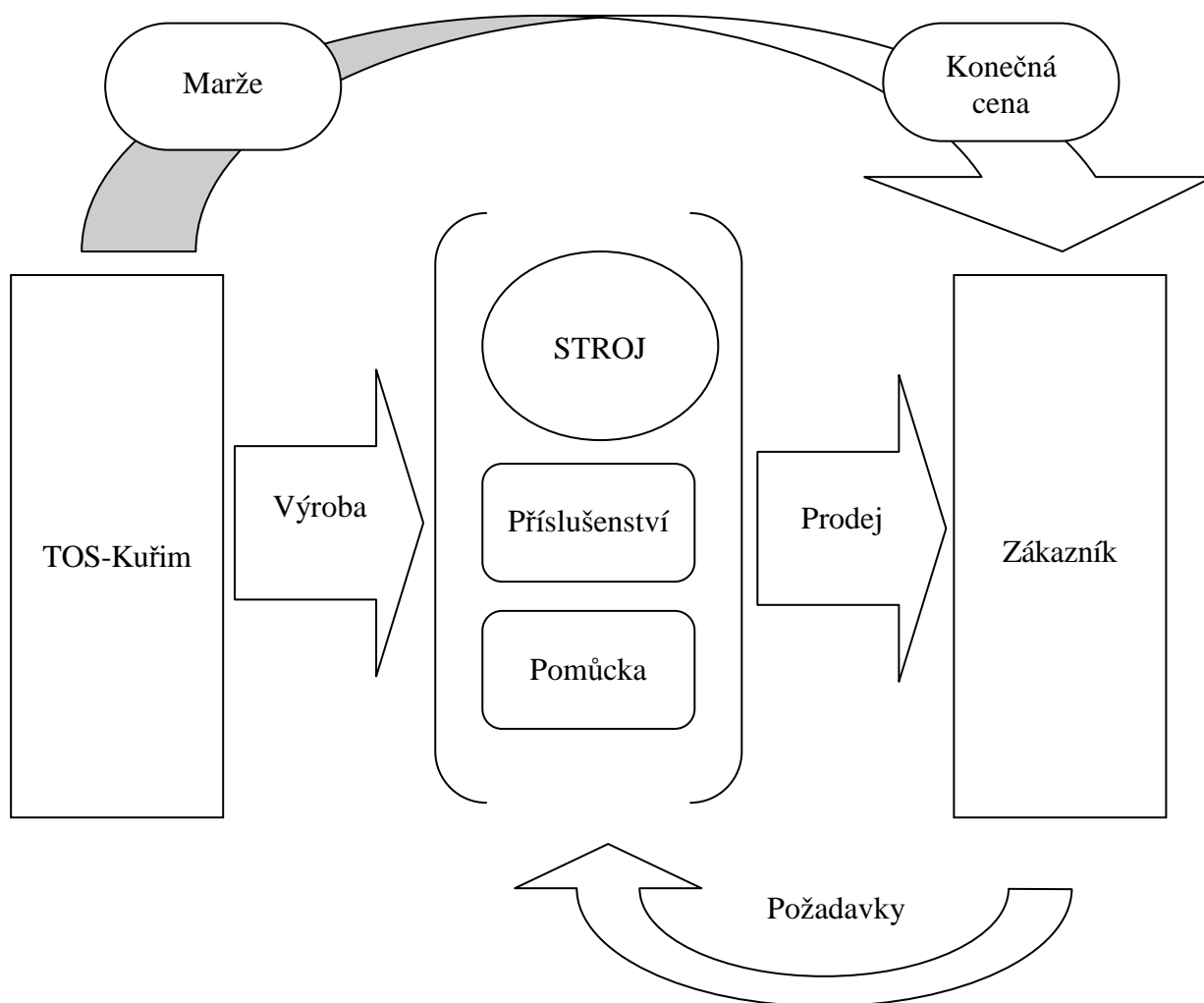
Je to jedna z nejdůležitějších etap celého postupu, představuje převod číselného řešení do praktického řešení. Nejde o pasivní proces, neboť je třeba neustále provádět logickou kontrolu správnosti získaného řešení. Významným prvkem této etapy je promítnutí výchozích hypotéz a představ a obtížně kvantifikovatelných aspektů problému do výsledku řešení;

- Implementace a realizace řešení v praxi

S každým návrhem řešení je nutno navrhnout i způsob jeho realizace. Je nutný úzký dialog mezi modelem a realitou, který umožní modelové řešení převést do realizovatelné formy. Jednotlivé kroky tohoto postupu musí být pochopitelné a přijatelné pro pracovníky, kteří budou odpovídat za jejich zavedení do praxe.

4.2 Grafický systémový model

Při analýze problému optimalizace procesu montáže pro společnost TOS-Kuřim na základě vytčeného zadání lze zjistit, že řešení problému leží ve vytvoření optimální sady příslušenství pro určeného zákazníka a stanovení ceny daného stroje.



Obrázek 5. Grafický systémový model

Z systémového modelu je vidět, že optimální řešení se skládá z požadavků zákazníka a ceny určeného stroje s příslušenstvím. Volba stroje a příslušenství záleží na tom, jaké cíle zákazník sleduje.

Na základě výrobních programů zákazníka, na základě cen stroje, na základě možnosti používání tohoto stroje a jeho příslušenství lze provést analýzu. Velmi důležité je zvolit vhodnou vřetenovou hlavu podle požadavků zákazníka.

4.3. Vřetenové hlavy

4.3.1 Nevýměnné vřetenové hlavy

jsou určeny pro pevné zabudování na čelo vřeteníku.

K - max. otáčky vřetena $4\,000\text{ min}^{-1}$, max. kroutící moment $1\,000\text{ Nm}$

- jednovřetenová hlava - souvisle otočná ve dvou osách. Kolem osy vřeteníku v rozsahu $\pm 180^\circ$, s možností mechanického indexování po 1° , a kolem osy k ní kolmé v rozsahu $+120^\circ$ až -90° , s možností zpevnění v nastavené poloze pomocí hydraulicky ovládané třecí brzdy. Mechanismus náhonu otáčení kolem osy vřeteníku s indexováním je součástí vřeteníku. Otáčení ve druhé rotační ose je součástí vřetenové hlavy a je zajištěno servomotorem, přes převod tvořený uzavřeným řetězcem ozubených kol s mechanickým vymezením vůle v převodech. Náhon vřetena je odvozen od náhonového hřídele vřeteníku přes tři páry kuželových kol;

U - max. otáčky vřetena $4\,000\text{ min}^{-1}$, max. kroutící moment $1\,400\text{ Nm}$

- dvouvřetenová hlava - souvisle otočná kolem osy vřeteníku v rozsahu $\pm 180^\circ$, s možností mechanického indexování po 1° , s jedním vřetenem rovnoběžným a druhým kolmým k ose vřeteníku. Obě vřetena jsou trvale spojena s náhonem.

4.3.2 Výměnné vřetenové hlavy

jsou určeny pro automatické upnutí na čelo vřeteníku.

VK - max. otáčky vřetena $4\,000\text{ min}^{-1}$, max. kroutící moment $1\,000\text{ Nm}$

- jednovřetenová hlava - souvisle otočná ve dvou osách. Kolem osy vřeteníku v rozsahu -180° , s možností mechanického indexování po 1° , a kolem osy k ní kolmé v rozsahu -120° až -90° , s možností zpevnění v nastavené poloze pomocí hydraulicky ovládané třecí brzdy. Mechanismus náhonu otáčení kolem osy vřeteníku s indexováním

je součástí vřeteníku. Otáčení ve druhé rotační ose je součástí vřetenové hlavy a je zajištěno servomotorem, přes převod tvořený uzavřeným řetězcem ozubených kol s mechanickým vymezením vůle v převodech. Náhon vřetena je odvozen od náhonového hřídele vřeteníku přes tři páry kuželových kol;

VKE - max. otáčky vřetena $16\,000\text{ min}^{-1}$, max. kroutící moment 87 Nm (při režimu S1)

- max.otáčky vřetena $18\,000\text{ min}^{-1}$, max. kroutící moment 130 Nm (při režimu S6/40%)

- jednovřetenová hlava s elektrovřetenem - souvisle otočná ve dvou osách. Kolem osy vřeteníku v rozsahu $\pm 180^\circ$, s možností mechanického indexování po 1° , a kolem osy k ní kolmé v rozsahu $+120^\circ$ až -90° , s možností zpevnění v nastavené poloze pomocí hydraulicky ovládané třecí brzdy. Mechanismus náhonu otáčení kolem osy vřeteníku s indexováním je součástí vřeteníku. Otáčení ve druhé rotační ose je součástí vřetenové hlavy a je zajištěno servomotorem, přes převod tvořený uzavřeným řetězcem ozubených kol s mechanickým vymezením vůle v převodech. Vřeteno hlavy je tvořeno přímo rotorem elektrovřetena a je opatřeno kuzelem HSK-A63 dle DIN 69063-1 s osovým přívodem chladicí kapaliny;

VA1 - max. otáčky vřetena $4\,000\text{ min}^{-1}$, max. kroutící moment 2 000 Nm

VA2 - max. otáčky vřetena $4\,000\text{ min}^{-1}$, max. kroutící moment 1 000 Nm

- jednovřetenová hlava s vřetenem uspořádaným souose s osou vřeteníku. Vřeteno je poháněno přímo od náhonového hřídele ve vřeteníku přes zubovou spojku, uloženou v tělese hlavy.

VP1 - max. otáčky vřetena $4\,000\text{ min}^{-1}$, max. kroutící moment 2 000 Nm

VP2 - max. otáčky vřetena $4\,000\text{ min}^{-1}$, max. kroutící moment 1 000 Nm

- jednovřetenová hlava - souvisle otočná kolem osy vřeteníku v rozsahu $\pm 180^\circ$, s možností mechanického indexování po 1° , s vřetenem uspořádaným kolmo k ose vřeteníku. Mechanismus náhonu otáčení kolem osy vřeteníku s indexováním je součástí vřeteníku. Vřeteno je poháněno od náhonového hřídele ve vřeteníku, přes jeden pár kuželových kol;

VP4 - max. otáčky vřetena $4\,000\text{ min}^{-1}$, max. kroutící moment 500 Nm

- **jednovřetenová hlava** - souvisle otočná kolem osy vřeteníku v rozsahu $\pm 180^\circ$, s možností mechanického indexování po 1° , s vřetenem uspořádaným kolmo k ose vřeteníku. Mechanismus náhonu otáčení kolem osy vřeteníku s indexováním je součástí vřeteníku. Vřetenem je poháněno od náhonového hřídele ve vřeteníku, přes jeden pár kuželových kol a soustavu vložených čelních ozubených kol. Hlava je svým tvarem uzpůsobena pro obrábění hlubokých dutin;

VU - max.otáčky vřetena $4\,000\text{ min}^{-1}$, max. krouticí moment $1\,400\text{ Nm}$

- **dvouvřetenová hlava** - souvisle otočná kolem osy vřeteníku v rozsahu $\pm 180^\circ$, s možností mechanického indexování po 1° , s jedním vřetenem rovnoběžným a druhým kolmým k ose vřeteníku. Obě vřetena jsou trvale spojena s pohonem. Mechanismus náhonu otáčení kolem osy vřeteníku s indexováním je součástí vřeteníku.

4.3.3 Vřetení

Vřetena všech vřetenových hlav (kromě hlavy VKE) jsou standardně opatřena kuželem ISO 50 dle ČSN 22 0433 (DIN 2079-CC) a kuličkovým upínáním nástrojů TOS pomocí talířových pružin (u hlav VP4 je pružina vinutá), uvolnění zajišťuje hydraulický válec. Ložiska vřeten jsou mazána trvanlivým plastickým mazivem. Dle požadavku zákazníka mohou mít vřetena upínací kužel dle jiné normy (např. CAT 50, BT 50, HSK - A63, HSK - A100). Standardní kuličkové upínání TOS může být nahrazeno kleštinovým upínáním pro vtahovací čep stopky nástroje dle DIN 69 872-B.

4.3.4 Pohony lineárních os

Pohon posuvů v lineárních osách zajišťují v příčném a svislém směru samostatné servomotory, které přes řemenový převod s ozubeným řemenem pohání přímo kuličkové šrouby s předepnutou maticí. Svislý šroub je opatřen mechanickou brzdou zajišťující blokování pohybu ve svislé ose v případě přetržení řemene. V podélném směru zajišťují posuv dva elektrické servopohony společně řízené systémem „gantry“. Na obou stranách stolu nahání elektrický servomotor, přes převodovou skříň se dvěma navzájem hydraulicky předepnutými větvemi ozubených převodů, pastorky zabírající do ozubeného hřebene.

4.3.5 Odměřování

Odměřování v lineárních osách je provedeno pomocí lineárních inkrementálních pravítek, programovací jednotka je 0,001 mm.

Odměřování v rotačních osách je provedeno inkrementálním rotačním snímačem, programovací jednotka je 0,0001°.

4.3.6 Výměna nástrojů

Pro automatickou výměnu nástrojů je stroj vybaven řetězovým zásobníkem nástrojů (R40, R50 nebo R60 - podle počtu lůžek), umístěným na levém stojanu portálu. Vlastní výměnu obstarává výměník s dvouramennou rukou, který pohybem po vedení a otáčením (případně sklápěním ruky realizuje manipulaci s nástrojem mezi lůžkem zásobníku a pracovním vřetenem. Výměna nástrojů se provádí ve svislé poloze vřetena pro vřetenové hlavy **K**, **VK**, **VA1**, **VA2**, ve vodorovné poloze vřetena pro hlavy **VP1**, **VP2**, v obou polohách pro hlavy **U**, **VU**, u hlavy **VP4** lze provádět výměnu nástroje pouze ručně.

Pro hlavu **VKE** se výměna nástrojů provádí napichovacím způsobem ze speciálního zásobníku uloženého na vozíku (typové označení **ZE/V**), obdobně jako u výměnných hlav.

Stroj je možno rovněž vybavit stacionárním zásobníkem pro výměnu nástrojů napichovacím způsobem (Pick-Up), který se upevní přímo na stůl.

4.3.7 Výměna vřetenových hlav

Vřetenová hlava je pro výměnu umístěna na vozíku, na otočném zásobníku hlav, nebo na transportní desce na pracovním stole. Vřetenové hlavy uložené ve vozících, jsou ručně přemisťovány po podlaze buď do odstavných míst, nebo do dvou míst pro výměnu, kde jsou ustaveny do polohy výměny na upínací základ.

Otočný zásobník (ZHO) má 6 míst pro vřetenové hlavy a jedno místo pro napichovací zásobník nástrojů (ZN10). Otočením zásobníku se do místa výměny dostane prázdný držák pro odložení hlavy nebo držák s novou hlavou pro upnutí.

Při výměně vřetenové hlavy najede vřeteník do místa výměny a svislým posuvem v ose Z hla buď odloží nebo upne. Při upínání je hlava pomocí hydraulických upínacích válců přitažena a ustavena do polohy do čelního ozubeného věnce, upevněného na čele vřeteníku. Současně jsou pomocí rychlospojek připojena tlaková média a pomocí konektorů elektrické silové a ovládací obvody.

Hlavní částí systémů s nosnými zásobníky je právě zásobník nástrojů, který se kromě přenosu řezných sil vyznačuje tím, že nemá velký počet nástrojových míst. Z tohoto důvodu bývá umístěn přímo na stroji a nezabírá proto ještě další půdorysnou plochu stroje.

Hlavními přednostmi systémů automatické výměny nástrojů s nosnými zásobníky je to, že odpadají složité manipulátory a dopravníky nástrojů. Také čas výměny je vzhledem k jednoduchosti konstrukce velmi krátký. Nástroje v těchto případech bývají seskupeny tak, v jakém jsou potom pořadí u jednotlivých operací.

Celý systém této výměny nástrojů je celkem malý a nezvětšuje tedy půdorysnou plochu stroje.

4.4 Vytvoření kritériální rovnice

Na základě cen strojů FRF a možných požadavků zákazníka byla vytvořena kritériální rovnice:

$$C = (S \cdot m) + \sum_{i=1} (P_i \cdot m_i)$$

kde C je konečná cena stroje pro zákazníka;

S je cena stroje s výměnnou nebo nevýměnnou vřetenovou hlavou;

P je cena příslušenství;

m je marže.

Marže je pojem, který vyjadřuje rozdíl mezi prodejní a nákupní cenou zboží nebo služby. Vyjadřuje se buď absolutně nebo v procentech podle následujícího vzorce:

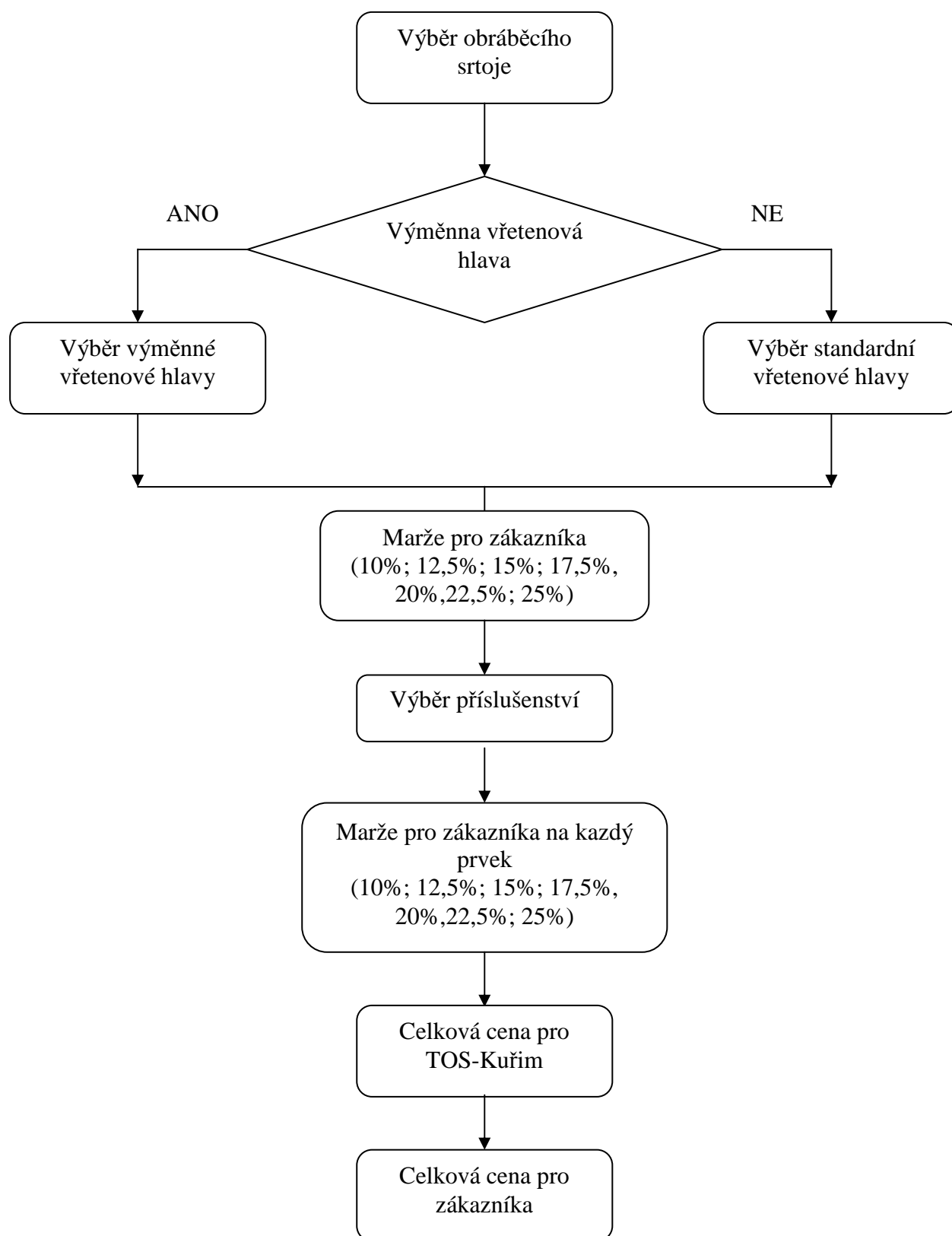
$$m = 100 \cdot \frac{p - n}{n}, \text{ kde } m \text{ je marže v procentech, } p \text{ je prodejní cena a } n \text{ je nákupní cena.}$$

V tomto případě, totiž pro společnost TOS-Kuřim, může být marže různá (10%; 12,5%; 15%; 17,5%; 20%; 22,5%; 25%) kvůli tomu, že v období hospodářské krize společnost TOS-Kuřim nemůže pracovat za předcházejících podmínek. V daný moment je cena pro různé zákazníky různá. Dlouholetí zákazníci dostanou stroj levněji než ti zákazníci, kteří by kupovali stroj poprvé.

Při rozboru ceny stroje a jeho příslušenství byl zpracován program «TOS.KM v0.9» v programovacím jazyce PASCAL (Delphi) a algoritmus programu, který realizuje výše uvedenou rovnici.

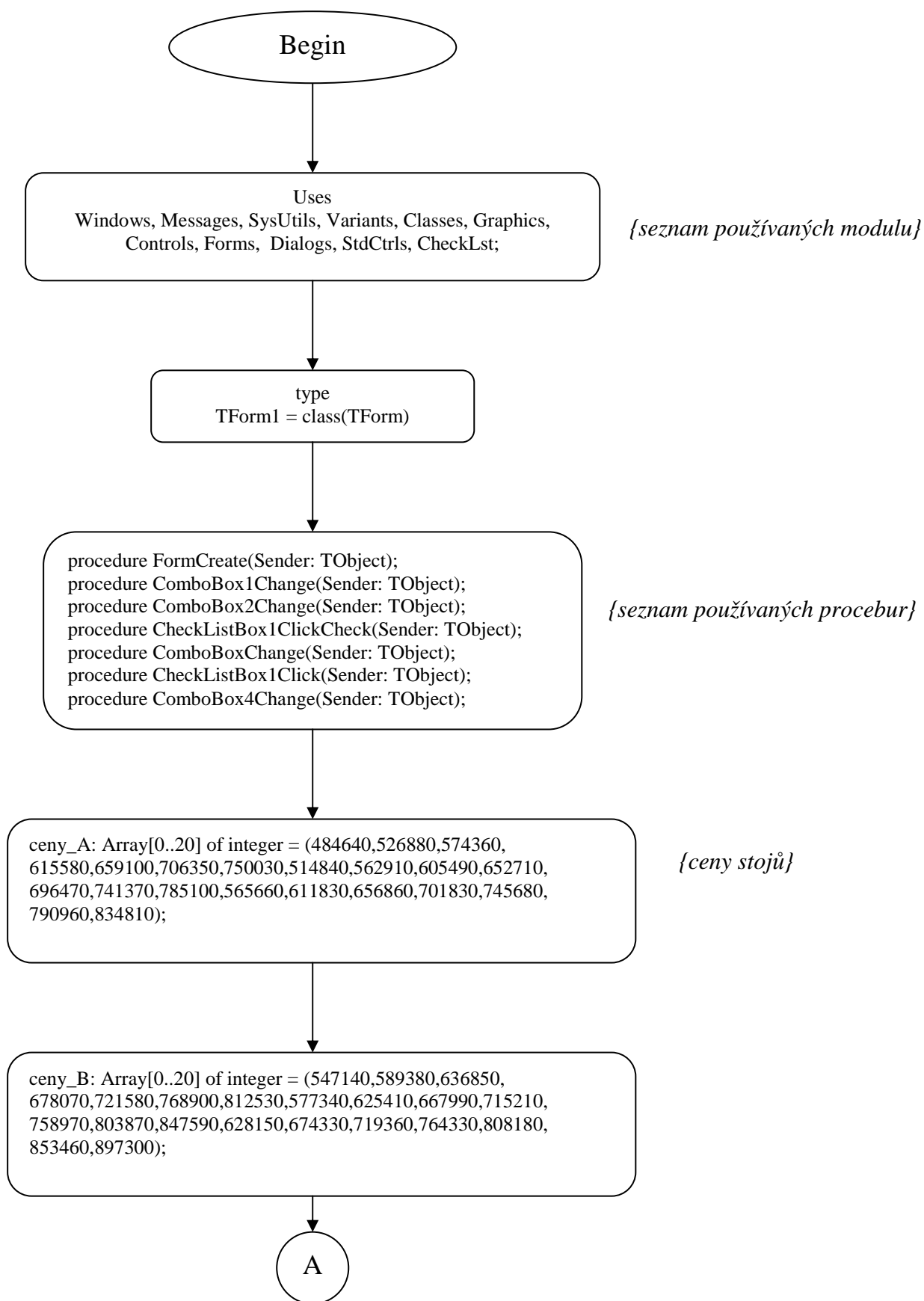
Makro úroveň mapování procesu programu, mapování algoritmu a text programu jsou znázorněny na obrázcích 6, 7 a 8.

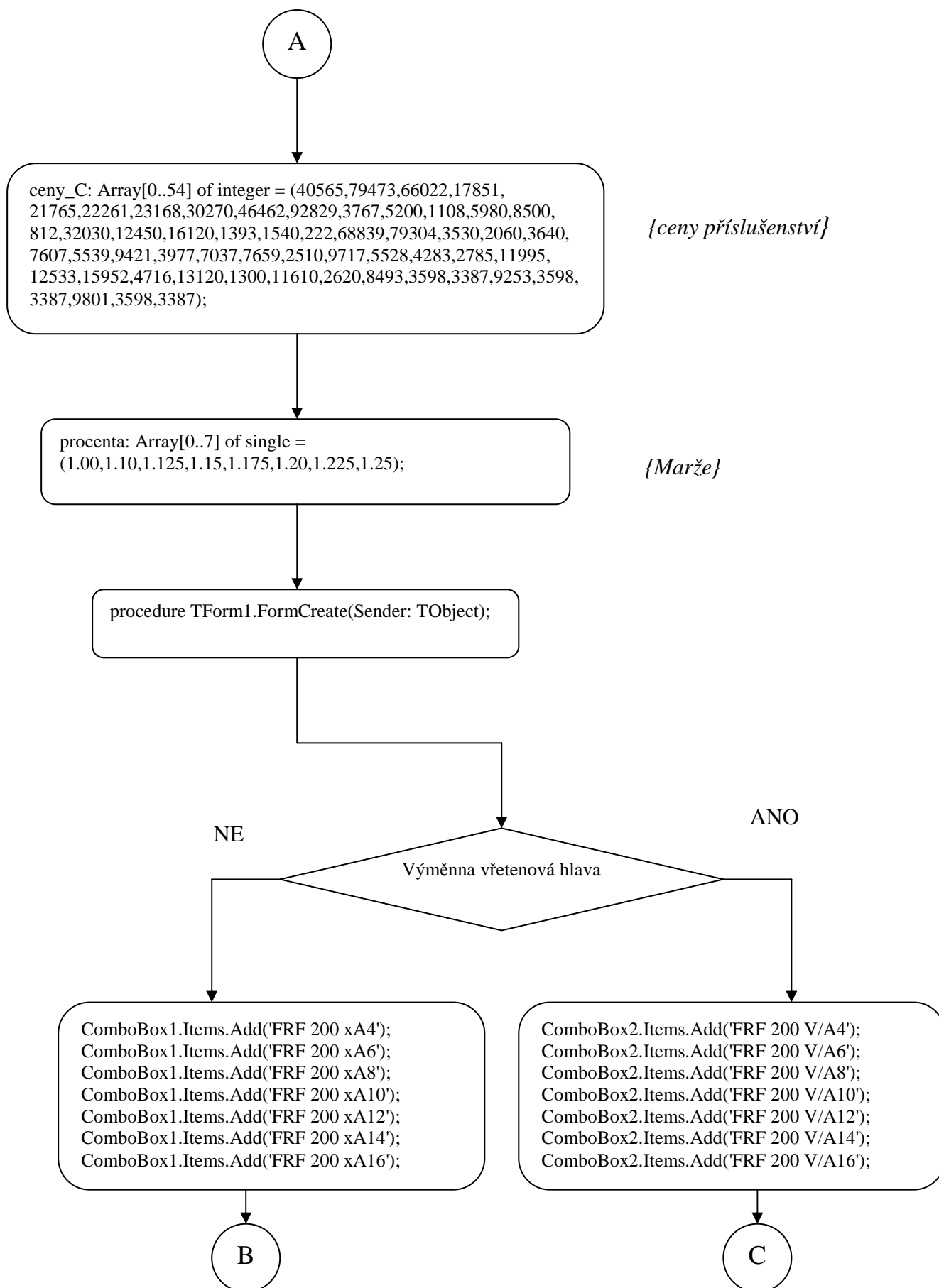
4.5 Makro úroveň mapování procesu zpracování programu

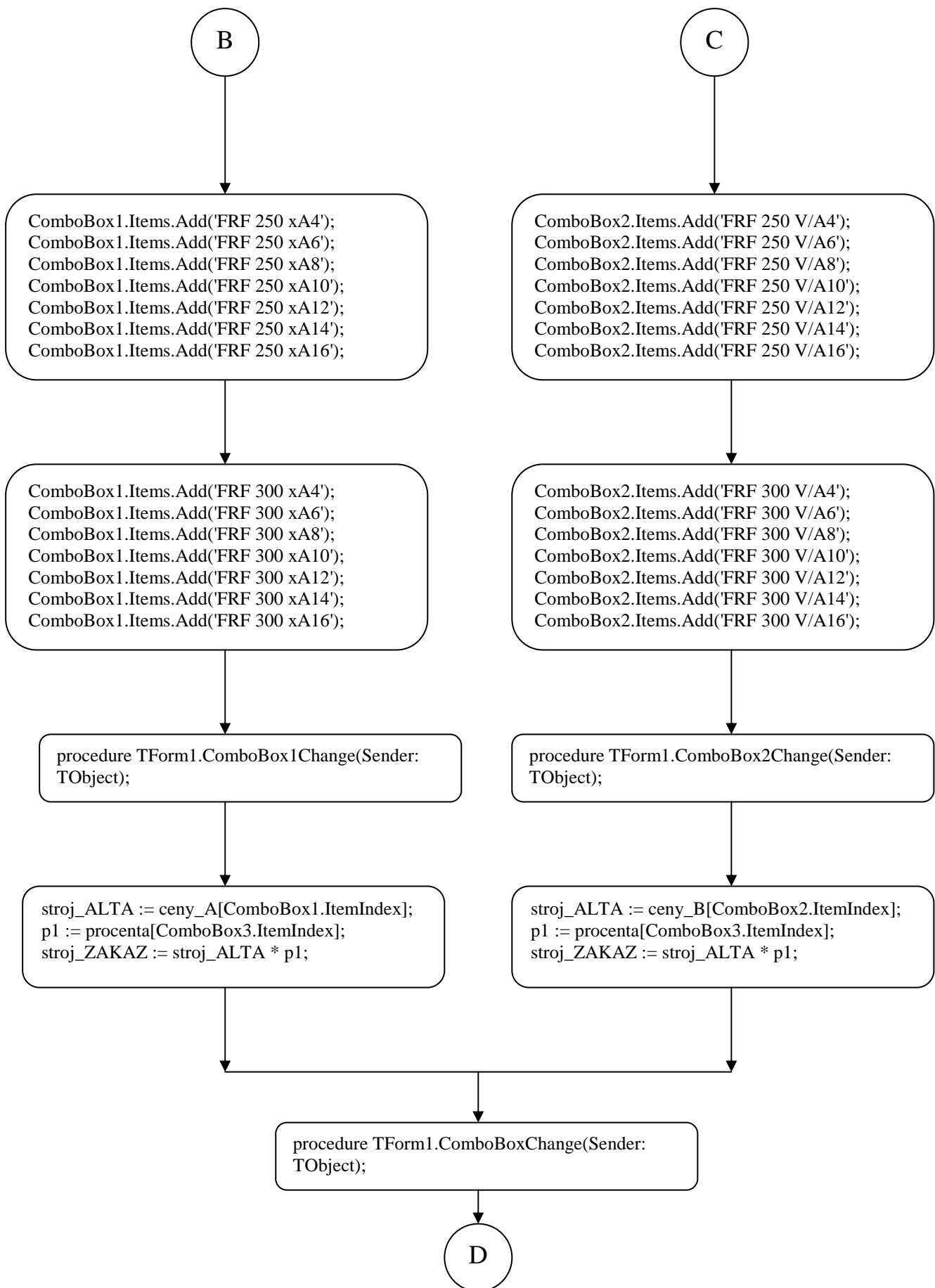


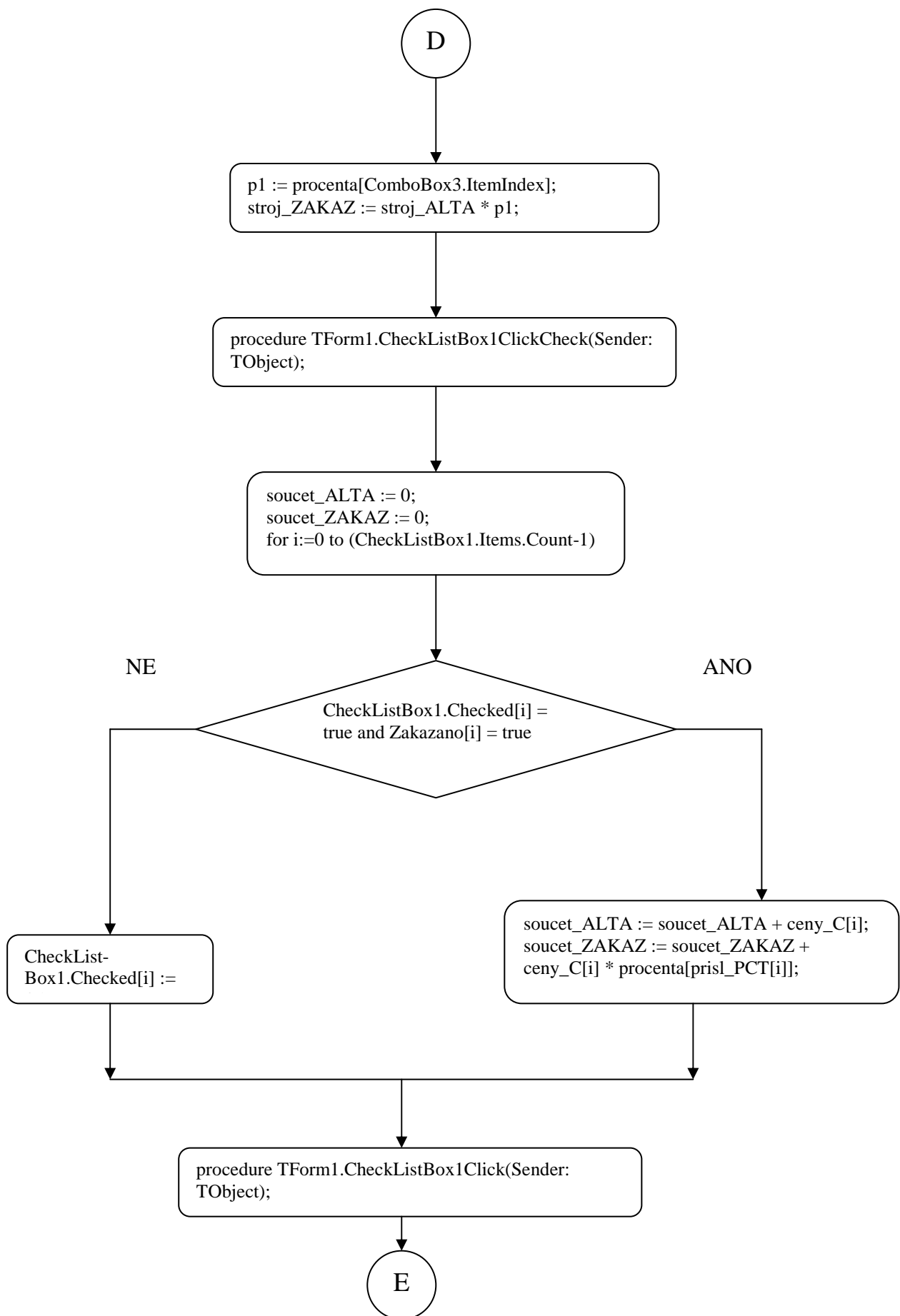
Obrázek 6. Makro úroveň mapování procesu programu

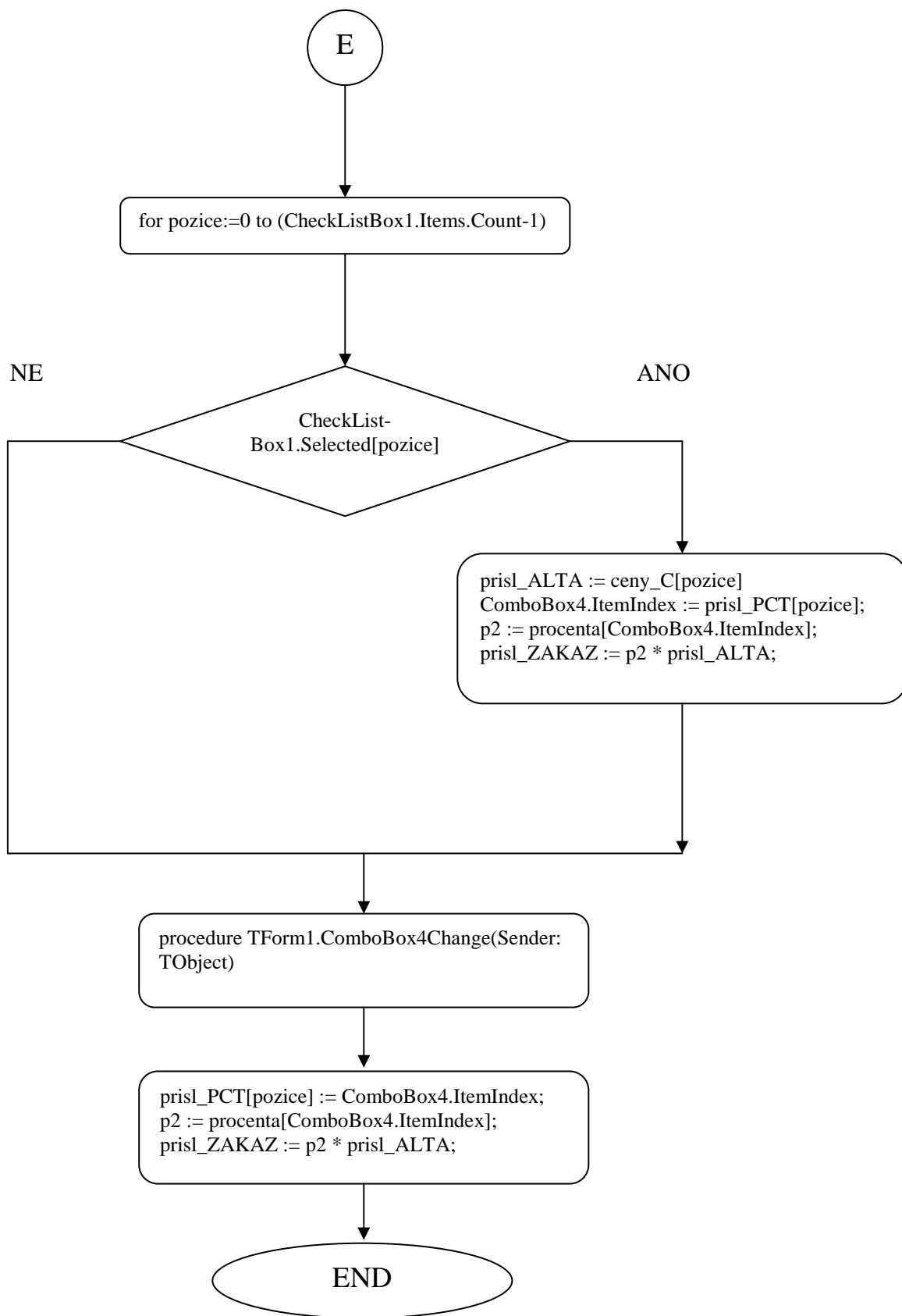
4.6 Mapování algoritmu











Obrázek 7.Mapování algoritmu

4.7 Text programu

unit Ivan;

interface

uses

Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
Dialogs, StdCtrls, CheckLst;

type

```
TForm1 = class(TForm)
  ComboBox1: TComboBox;
  Label1: TLabel;
  Label3: TLabel;
  ComboBox2: TComboBox;
  Label7: TLabel;
  Label8: TLabel;
  CheckListBox1: TCheckListBox;
  Label9: TLabel;
  Label11: TLabel;
  Label4: TLabel;
  Label5: TLabel;
  GroupBox1: TGroupBox;
  GroupBox2: TGroupBox;
  ComboBox3: TComboBox;
  Label2: TLabel;
  Label6: TLabel;
  Label10: TLabel;
  Label12: TLabel;
  Label13: TLabel;
  Label14: TLabel;
  Label15: TLabel;
  Label16: TLabel;
  ComboBox4: TComboBox;
  Label17: TLabel;
  Label18: TLabel;
  Label19: TLabel;
  Label20: TLabel;
  GroupBox3: TGroupBox;
  Label21: TLabel;
  Label22: TLabel;
  Label23: TLabel;
  Label24: TLabel;
  Label25: TLabel;
  procedure FormCreate(Sender: TObject);
  procedure ComboBox1Change(Sender: TObject);
  procedure ComboBox2Change(Sender: TObject);
  procedure CheckListBox1ClickCheck(Sender: TObject);
  procedure ComboBoxChange(Sender: TObject);
```



```

procedure CheckListBox1Click(Sender: TObject);
procedure ComboBox4Change(Sender: TObject);

private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;

const
  ceny_A: Array[0..20] of integer = (484640,526880,574360,
615580,659100,706350,750030,514840,562910,605490,652710,
696470,741370,785100,565660,611830,656860,701830,745680,
790960,834810);

  ceny_B: Array[0..20] of integer = (547140,589380,636850,
678070,721580,768900,812530,577340,625410,667990,715210,
758970,803870,847590,628150,674330,719360,764330,808180,
853460,897300);

  ceny_C: Array[0..54] of integer = (40565,79473,66022,17851,
21765,22261,23168,30270,46462,92829,3767,5200,1108,5980,8500,
812,32030,12450,16120,1393,1540,222,68839,79304,3530,2060,3640,
7607,5539,9421,3977,7037,7659,2510,9717,5528,4283,2785,11995,
12533,15952,4716,13120,1300,11610,2620,8493,3598,3387,9253,3598,
3387,9801,3598,3387);

  procenta: Array[0..7] of single = (1.00,1.10,1.125,1.15,1.175,
1.20,1.225,1.25);

var
  Form1: TForm1;
  pozice: integer;
  prisl_PCT: Array[0..Length(ceny_C)-1] of byte;
  Zakazano: Array[0..Length(ceny_C)-1] of boolean;
  stroj_ALTA, p1, stroj_ZAKAZ: single;
  prisl_ALTA, p2, prisl_ZAKAZ : single;
  soucet_ALTA, soucet_ZAKAZ: single;

implementation

{$R *.dfm}

procedure PrepisCelkovouCenu();
begin
  Form1.Label24.Caption := FloatToStrF(stroj_ALTA + soucet_ALTA,ffNumber,8,2);
  Form1.Label25.Caption := FloatToStrF(stroj_ZAKAZ + soucet_ZAKAZ,ffNumber,8,2);
end;

```

```
procedure TForm1.FormCreate(Sender: TObject);
```

```
begin
```

```
  stroj_ALTA := 0;
```

```
  stroj_ZAKAZ := 0;
```

```
  soucet_ALTA := 0;
```

```
  soucet_ZAKAZ := 0;
```

```
  p1 := 1;
```

```
  p2 := 1;
```

```
  prisl_ALTA := 0;
```

```
  prisl_ZAKAZ := 0;
```

```
// -----
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 200 xA4');
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 200 xA6');
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 200 xA8');
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 200 xA10');
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 200 xA12');
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 200 xA14');
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 200 xA16');
```

```
// -----
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 250 xA4');
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 250 xA6');
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 250 xA8');
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 250 xA10');
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 250 xA12');
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 250 xA14');
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 250 xA16');
```

```
// -----
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 300 xA4');
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 300 xA6');
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 300 xA8');
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 300 xA10');
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 300 xA12');
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 300 xA14');
```

```
ComboBox1.Items.Add('FRF 300 xA16');
```

```
// -----
```

```
ComboBox2.Items.Add('FRF 200 V/A4');
```

```
ComboBox2.Items.Add('FRF 200 V/A6');
```

```
ComboBox2.Items.Add('FRF 200 V/A8');
```

```
ComboBox2.Items.Add('FRF 200 V/A10');
```

```
ComboBox2.Items.Add('FRF 200 V/A12');
```

```
ComboBox2.Items.Add('FRF 200 V/A14');
```

```
ComboBox2.Items.Add('FRF 200 V/A16');
```

```
// -----
```

```
ComboBox2.Items.Add('FRF 250 V/A4');
```

```
ComboBox2.Items.Add('FRF 250 V/A6');
```

```
ComboBox2.Items.Add('FRF 250 V/A8');
```

```

ComboBox2.Items.Add('FRF 250 V/A10');
ComboBox2.Items.Add('FRF 250 V/A12');
ComboBox2.Items.Add('FRF 250 V/A14');
ComboBox2.Items.Add('FRF 250 V/A16');
// -----
ComboBox2.Items.Add('FRF 300 V/A4');
ComboBox2.Items.Add('FRF 300 V/A6');
ComboBox2.Items.Add('FRF 300 V/A8');
ComboBox2.Items.Add('FRF 300 V/A10');
ComboBox2.Items.Add('FRF 300 V/A12');
ComboBox2.Items.Add('FRF 300 V/A14');
ComboBox2.Items.Add('FRF 300 V/A16');

ComboBox1.ItemIndex := 0;
ComboBox2.ItemIndex := 0;
Label1.Caption := '0';
Label9.Caption := '0';
Label10.Caption := '0';

end;

procedure TForm1.ComboBox1Change(Sender: TObject);
begin
stroj_ALTA := ceny_A[ComboBox1.ItemIndex];
p1 := procenta[ComboBox3.ItemIndex];
stroj_ZAKAZ := stroj_ALTA * p1;
Label1.Caption := FloatToStrF(stroj_ALTA,ffNumber,8,2);
Label5.Caption := ComboBox1.Items.Strings[ComboBox1.ItemIndex];
Label10.Caption := FloatToStrF(stroj_ZAKAZ,ffNumber,8,2);
Label7.Font.Style := [fsBold];
Label8.Font.Style := [];

Zakazano[0] := false;
Zakazano[1] := false;
Zakazano[2] := true;
Zakazano[3] := true;
Zakazano[4] := true;
Zakazano[5] := true;
Zakazano[6] := true;
Zakazano[7] := true;
Zakazano[8] := true;
Zakazano[9] := true;

CheckListBox1ClickCheck(Form1);
end;

procedure TForm1.ComboBox2Change(Sender: TObject);
begin
stroj_ALTA := ceny_B[ComboBox2.ItemIndex];

```

```

p1 := procenta[ComboBox3.ItemIndex];
stroj_ZAKAZ := stroj_ALTA * p1;
Label1.Caption := FloatToStrF(stroj_ALTA,ffNumber,8,2);
Label5.Caption := ComboBox2.Items.Strings[ComboBox2.ItemIndex];
Label10.Caption := FloatToStrF(stroj_ZAKAZ,ffNumber,8,2);
Label8.Font.Style := [fsBold];
Label7.Font.Style := [];

Zakazano[0] := true;
Zakazano[1] := true;
Zakazano[2] := false;
Zakazano[3] := false;
Zakazano[4] := false;
Zakazano[5] := false;
Zakazano[6] := false;
Zakazano[7] := false;
Zakazano[8] := false;
Zakazano[9] := false;

CheckListBox1.ClickCheck(Form1);

end;

procedure TForm1.ComboBoxChange(Sender: TObject);
begin
p1 := procenta[ComboBox3.ItemIndex];
stroj_ZAKAZ := stroj_ALTA * p1;
Label10.Caption := FloatToStrF(stroj_ZAKAZ,ffNumber,8,2);
PrepisCelkovouCenu();
end;

//-----

procedure TForm1.CheckListBox1ClickCheck(Sender: TObject);
var i: integer;
begin
soucet_ALTA := 0;
soucet_ZAKAZ := 0;
for i:=0 to (CheckListBox1.Items.Count-1) do
begin
if CheckListBox1.Checked[i] = true and Zakazano[i] = true then
CheckListBox1.Checked[i] := false;
if CheckListBox1.Checked[i] = true then
begin
soucet_ALTA := soucet_ALTA + ceny_C[i];
soucet_ZAKAZ := soucet_ZAKAZ + ceny_C[i] * procenta[prisl_PCT[i]];
end;
end;
Label20.Caption := FloatToStrF(soucet_ALTA,ffNumber,8,2);

```

```
Label9.Caption := FloatToStrF(soucet_ZAKAZ,ffNumber,8,2);
PrepisCelkovouCenu();
end;
```

```
procedure TForm1.CheckListBox1Click(Sender: TObject);
begin
for pozice:=0 to (CheckListBox1.Items.Count-1) do
if CheckListBox1.Selected[pozice] = true then
begin
Label12.Caption := CheckListBox1.Items.Strings[pozice];
prisl_ALTA := ceny_C[pozice];
Label15.Caption := FloatToStrF(prisl_ALTA,ffNumber,8,2);
ComboBox4.ItemIndex := prisl_PCT[pozice];
p2 := procenta[ComboBox4.ItemIndex];
prisl_ZAKAZ := p2 * prisl_ALTA;
Label18.Caption := FloatToStrF(prisl_ZAKAZ,ffNumber,8,2);
break;
end;
end;
```

```
procedure TForm1.ComboBox4Change(Sender: TObject);
begin
prisl_PCT[pozice] := ComboBox4.ItemIndex;
p2 := procenta[ComboBox4.ItemIndex];
prisl_ZAKAZ := p2 * prisl_ALTA;
Label18.Caption := FloatToStrF(prisl_ZAKAZ,ffNumber,8,2);
CheckListBox1.ClickCheck(Form1);
```

```
end;
```

```
end.
```

Obrázek 8.Text programu

5 PŘÍRUČKA K POUŽÍVÁNÍ PROGRAMU «TOS.KM v0.9»

Tento program optimálním způsobem realizuje počítání ceny pro společnost TOS-Kuřim a pro zákazníka s vzhledem k marži. Pracovní okno programu je vyobrazeno na obrázku 9.

The screenshot displays the TOS.KM v0.9 software interface, which is divided into several sections for configuring a machine and its accessories.

1. Vyber obrabeciho stroje

S nevymennou vretenovou hlavou:
FRF 200 xA8

S vymennou vretenovou hlavou:
FRF 200 V/A4

Vybrany stroj: FRF 200 xA8
Cena stroje - ALTA (EUR): **574 360,00**
Marže: 15%
Cena pro zakaznika (EUR): **660 514,00**

2. Vyber prislusenstvi

- ☐ standardni vretenova hlava O 4000/1250
- ☒ standardni vretenova hlava K 4000/1000
- ☐ vymenna vretenova hlava VK /4000
- ☐ vymenna vretenova hlava vert. VA 1/4000
- ☐ vymenna vretenova hlava vert. VA 2/4000
- ☐ vymenna vretenova hlava hor. VP 1/4000
- ☐ vymenna vretenova hlava hor. VP 2/4000
- ☐ vymenna vretenova hlava VP 4/4000
- ☐ vymenna vretenova hlava VO /4000
- ☐ vymenna vretenova hlava VKE/16000 HSK A63
- ☐ zvetseni pruchodnosti portalu v ose Z o 150 mm
- ☒ zvetseni pruchodnosti portalu v ose Z o 250 mm
- ☐ zdvih Z=1250
- ☐ zdvih Z=1500
- ☐ max. zatizeni stolu 8000kg/m2 (plati jen pro provedeni 250 a 300)
- ☒ upinani nastroju v provedeni dle DIN 69872-B
- ☐ otocny zasobnik vymennych hlav
- ☐ vysokotlakte stredove chlazení nastroju 5/50/700 + 20/35/180
- ☐ vysokotlakte stredove chlazení nastroju 5/50/700 + 30/35/180
- ☒ zvetseni nadrž ze 700 l na 1500 l
- ☐ kuzel vretena HSK 100
- ☐ kuzel vretena BT 50
- ☐ retezovy zasobnik nastroju R - 40 nastroju
- ☐ retezovy zasobnik nastroju R - 60 nastroju
- ☒ ovladaci panel na rucni vkladani nastroje HT8-SIEMENS
- ☐ rucni kolecko HR 420

Vybrana polozka: ovladaci panel na rucni vkladani nastroje HT8-SIEMENS

Cena polozky ALTA (EUR): 3 530,00 Marže: 0%
Cena pro zakaznika (EUR): 3 530,00

Cena vybraného prislusenství - ALTA (EUR): **90**
Cena vybraného prislusenství pro zakaznika (EUR): **10**

3. Celkova cena

Celkova cena - ALTA (EUR):
664 768,00

Celkova cena pro zakaznika (EUR):
764 124,30

Copyright © 2009 Dudarev, 2009

Obrázek 9. Program «TOS.KM v0.9»

Pro zahájení práce je třeba spustit soubor «TOS.KM v 0.9. exe». Při otvírání programu vidíme interface, ve kterém máme okno s výběrem obráběcích strojů. Nejprve se musíme rozhodnout, jaký typ vřetenové hlavy bychom chtěli použít v budoucím stroji. Vybrat marži pro zákazníka a pokračovat s výběrem příslušenství. Ke každému prvku příslušenství můžeme vybrat různé marže.

6 ANALÝZA VÝSLEDKŮ

Ve výsledku práce byly navrženy varianty využití stroje FRF podle různých požadavků zákazníka. Například stroj s výměnnou nebo nevýměnnou vřetenovou hlavou, rozměry tohoto stroje, jeho cena atd.

Byl vypracován program, který počítá ceny vybraných prvků. Tento program umožňuje rychlou odpověď na požadavek zákazníka a umožňuje kontrolu ceny zástupci společnosti TOS-Kuřim, protože má různé marže a kvůli tomu různé ceny pro různé zákazníky. Vzor tohoto používání je na obrázku 10.



3. Celkova cena

Celkova cena - ALTA (EUR):

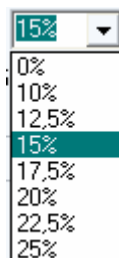
780 362,00

Celkova cena pro zakaznika (EUR):

900 367,38

Obrázek 10. Celková cena pro společnost TOS-Kuřim a pro zákazníka

Každá položka pro prodej může mít rozmanité marže. To záleží na vztahu daného zákazníka k společnosti TOS-Kuřim. Výběr marže je zobrazen na obrázku 11.



15%

0%

10%

12,5%

15%

17,5%

20%

22,5%

25%

Obrázek 11. Marže pro zákazníka

7 ZÁVĚR

Náplní této diplomové práce byla optimalizace procesu montáže a vytvoření aplikačního softwaru ke zlepšení tohoto procesu z ekonomického hlediska pro potřeby společnosti TOS Kuřim – OS , a.s.

Společnost TOS KUŘIM – OS, a.s. je strojírenský podnik, který se zabývá výrobou přesných kovoobráběcích strojů. Tento podnik, produkuje osm základních typů frézovacích strojů, které se prodávají v zemích jako je Rusko, Bělorusko, Ukrajina, a také v mnohých zemích EU, byl objektem dané práce. Předmětem výzkumu je optimalizace procesu montáže zařízení a vytvoření aplikace na základě programovacího jazyka PASCAL (Delphi).

V teoretické části práce byl prozkoumán proces frézování, frézovací stroje, možnosti užívání různých komponentů pro dosažení požadovaných cílů. Byla použita metoda systémové analýzy, na základě které, byl optimalizován proces výběru stroje pro požadavky určené zákazníkem. Byl vytvořen grafický model, pomocí kterého lze určit vztahy mezi společnostmi TOS-Kuřim a zákazníkem. Je nutné zdůraznit fakt, že v období hospodářské krize společnost TOS-Kuřim nemůže pracovat za předcházejících podmínek. Dlouholetí zákazníci dostanou stroj levněji než ti zákazníci, kteří by kupovali stroj poprvé. Pro různé zákazníky má společnost TOS-Kuřim různé marže. Marže se může pohybovat v rozmezí 10 % - 25 % základní ceny stroje.

Na základě toho bylo praktickou částí práce vytvoření programu «TOS.KM v0.9» v programovacím jazyce PASCAL (Delphi), který umožňuje zvolit požadované zařízení a zjednodušuje proces počítání ceny stroje a jeho příslušenství s odpovídající marží pro jednotlivé zákazníky. Pomocí programu «TOS.KM v0.9» zástupce TOS-Kuřim během několika minut může říct zákazníkovi cenu jím zvoleného zařízení. Tento program má pohodlný uživatelský interface, který umožňuje používat ho bez speciálních znalostí v oblasti programování. Přesto tato obsahuje podrobný návod na jeho použití.

7.1 Seznam použitých zdrojů

1. BASL, J., TŮMA, M., Glasl, v.: Modelování a optimalizace podnikových procesů. ZČU v Plzni, Plzeň, 2002
2. FIALA, A.: Automatizované systémy řízení slévárenských procesů
3. SPOLEČNOST TOS KUŘIM OS, a.s.: Technická nabídka, s. 35, 06/2005
4. ARCHANGELSKIJ, A.: Jazyk Pascal a základy programování v Delphi, Moskva, Vydavatelství «BINOM» 2008. 496 s. ISBN 978-5-9518-0241-5
5. BASOVSKIJ, L., PROTASJEV, V.: Řízení jakosti, Moskva, INFRA-M 2003. 212 s. ISBN 5-16-001222-2
6. PÍŠKA, M., KRÁTKÝ, Z., HUMÁR, A.: Frézování I, Brno, 1999. ISBN 80-214-1425-1.
7. HUMÁR, A.: Výrobní technologie II [online]. Studijní opory pro podporu samostudia v oboru "Strojírenská technologie" BS studijního programu "Strojírenství". VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2002, 84 s. Dostupné na World Wide Web: http://www.fme.vutbr.cz/opory/pdf/VyrobníTechnologie_II.pdf

Příloha A - Vertikální obráběcí centrum FMVQ 36



Obrázek A.1. Vertikální obráběcí centrum FMVQ 36

Stroj sestává z pevného lože, po kterém se v podélném směru posouvají křížové sáně s příčným vedením. Na saních se příčně posouvá stojan se svislým vedením, po kterém se posouvá vřeteník. Obrobky se upínají na stůl nebo otočný výměník upevněný na loži. Stroj je vybaven zásobníkem nástrojů upevněným na saních.

Stroj je určen pro vysoce produktivní obrábění převážně nerotačních součástí menších velikostí z oceli, litiny, slitin hliníku ap., především v sériové výrobě.

Modulární skladba umožňuje nabídnout různé provedení stroje s ohledem na technologické požadavky a požadovanou produkci.

Stroj může pracovat samostatně nebo jako součást pružné výrobní buňky nebo linky.

Příloha B - Frézka (obráběcí centrum) s posuvným portálem FRF(Q) 200/250/300/350/400



Obrázek B.1. Frézka (obráběcí centrum) s posuvným portálem FRF(Q)
200/250/300/350/400

Obráběcí stroj je určen pro obrábění tvarově velmi složitých obrobků velkých rozměrů - jako jsou formy, lisovací nástroje, zápustky - až v pěti souvisle řízených osách (tři lineární a dvě rotační) podle typu použité vřetenové hlavy.

Základním znakem stroje je pojezdový portál, který umožňuje plné využití pracovního prostoru stolu s ohledem na minimální požadavky na zastavěný prostor.

Upínací desky jsou dodávány běžně v délkách od 4000 mm do 24000 mm.

Stroj je vybaven řetězovým zásobníkem nástrojů s kódovým místem.

Stroj je standardně osazen jedním vertikálním vřeteníkem vybaveným mechanismem pro automatické upnutí výměnných vřetenových hlav nebo jedním vertikálním vřeteníkem vybaveným vřetenovou hlavou nevýměnnou.

Příloha C – Obráběcí centrum se dvěma posuvnými stojany FFDQ



Obrázek C.1. Obráběcí centrum se dvěma posuvnými stojany FFDQ

Základním znakem obráběcího centra se dvěma posuvnými stojany FFDQ je jeho stavebnicová koncepce, která umožňuje značnou variabilitu sestavení. Stroj je určen k třískovému obrábění materiálů s širokou možností technologického využití v operacích frézovacích, vrtacích, vyhrubovacích, vystružovacích a závitovacích včetně řezání závitů nožem.

Stroj sestává z pevného stolu, po jehož bocích se v podélném směru proti sobě posouvají stojany I a II se svisle přestavitelnou konzolou a příčné výsuvným vřeteníkem. Vřeteník je buď v provedení s vřetenovou hlavou připevněnou na jeho čelní plochu, nebo v pinolovém provedení s horizontálním vřetenem.

Stroj může být dodán se stolem v provedení se vestavěným otočným stolem. V základním provedení se stroj dodává se dvěma řídicími systémy SIEMENS Sinumerik S 840 D, odměřováním HEIDENHAIN a digitálními pohony SIEMENS S 611 D. Stroj FFDQ je vybaven řetězovým zásobníkem nástrojů s kódovým místem. Vyhledávání a dopravení nástroje do vyčkávací polohy se provádí během pracovní operace stroje. Ruční ovládání zásobníku je umístěno na jeho boku.